



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 63 533 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 04 B 43/04
F 04 B 17/04
A 61 M 1/10

②1 Aktenzeichen: 199 63 533.1
②2 Anmeldetag: 20. 12. 1999
④3 Offenlegungstag: 6. 7. 2000

DE 199 63 533 A 1

⑥6 Innere Priorität:
198 60 301. 0 18. 12. 1998

⑦1 Anmelder:
Mediport Kardiotechnik GmbH, 12247 Berlin, DE

⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Gulde Hengelhaupt Ziebig, 10117 Berlin

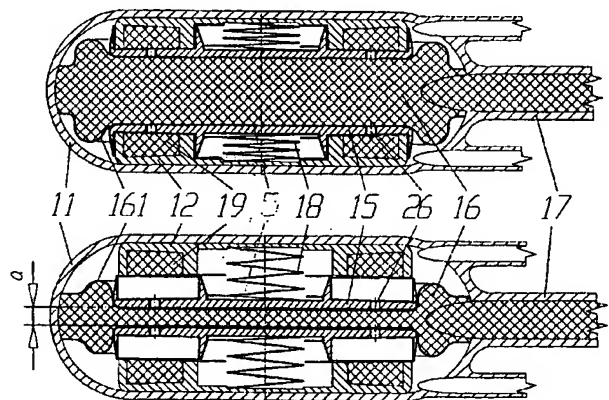
⑦2 Erfinder:
Blüschke, Arthur, 13187 Berlin, DE; Göllner, Manfred, Dipl.-Ing., 10409 Berlin, DE; Heinze, Hendrik, Dipl.-Ing., 12487 Berlin, DE; Killat, Petra, Dipl.-Ing., 12681 Berlin, DE; Müller, Johannes, Dr., 10717 Berlin, DE; Neumann, Werner, Dipl.-Ing., 12459 Berlin, DE; Nüsser, Peter, Dr.-Ing., 13051 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Pulsatile Pumpe

⑤7 Die Erfindung betrifft eine pulsartige Pumpe sowie eine Blutpumpe zur Unterstützung oder zum Ersatz des menschlichen oder tierischen Herzens.
Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Antriebe für eine Pumpe sowie Pumpen zur Verfügung zu stellen, die sich durch eine geringe Baugröße, insbesondere eine niedrige Bauhöhe, auszeichnen, keine Eigenbewegung bei Betrieb zeigen und eine geringe Masse aufweisen.
Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit einer pulsatilen Pumpe, bestehend aus einem in einem Gehäuse angeordneten Stator, und einem gegenüber dem Stator elektromagnetisch und durch Federkraft bewegbaren Aktor, der zwischen einer ersten Stellung und einer zweiten Stellung, hierbei eine Fluidkammer mit Ansaug- und Ausströmöffnung vergrößernd oder verkleinernd, hin und her bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (15) an der am Stator (12) angrenzenden Seite, bezogen auf die Ausbildung des Stators (12) korrespondierende Aussparungen (154) und Vorsprünge (121) aufweist, die in den Stator (12) ineinandergreifbar sind.



DE 199 63 533 A 1

Die Erfindung betrifft eine pulsatile Pumpe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Blutpumpe zur Unterstützung oder zum Ersatz des menschlichen oder tierischen Herzens.

Aus der DE-C1-196 09 281 ist ein elektromagnetischer Antrieb für eine Blutpumpe bekannt, bei der zwei relativ zueinander bewegbare Kernhälften zusammen mit erregenden Spulen einen Eisenkreis bilden. Die eine Kernhälfte ist an dem Gehäuse der Blutpumpe fixiert, während die andere Kernhälfte in Abhängigkeit von der magnetischen Erregung zwischen einer Ausstoßstellung und einer Ansaugstellung hin und her bewegbar ist. In der Ausstoßstellung wird eine Blutkammer der Blutpumpe zusammengedrückt und das Blut durch Auslaßventile herausgepreßt. Durch Verwendung eines Magneto fluids in den Zwischenräumen des Elektromagnetkreises werden die magnetischen Eigenschaften des Antriebs verbessert, so daß die Baugröße reduziert werden kann.

Die US-A-5,599,173 beschreibt eine Blutpumpe mit einer deformierbaren Blutkammer, die ein Paar gegenüberliegende, im wesentlichen ebene, kreisförmige Wände aufweist. Die Wände werden durch ein Paar Druckplatten eines Solenoid-Antriebes zur Entleerung der Blutkammer zusammengedrückt.

Die aus den vorgenannten Druckschriften bekannten Antriebe bzw. Blutpumpen weisen den Nachteil auf, daß sie relativ viel Platz in Anspruch nehmen. Hierdurch wird eine Implantation im menschlichen oder tierischen Körper erschwert oder gar unmöglich gemacht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Antriebe für eine Pumpe sowie Pumpen zur Verfügung zu stellen, die sich durch eine geringe Baugröße, insbesondere eine niedrige Bauhöhe, auszeichnen, keine Eigenbewegung bei Betrieb zeigen und eine geringe Masse aufweisen.

Diese Aufgabe wird durch eine pulsatile Pumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und mit den Merkmalen des Anspruchs 22 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Danach sieht die erfindungsgemäße Lösung eine Verkleinerung des Antriebssystems vor, indem Stator und Aktor des Antriebes derart ausgebildet sind, daß sie in der einen oder anderen der beiden möglichen Endstellungen ineinandergreifen (Eingriffstellung) und dadurch eine nur geringe Bauhöhe verwirklichen. Die Bauhöhe der ineinandergreifenden Teile ist dabei geringer als die Summe der Bauhöhen von Stator und Aktor.

Es wird auf diese Weise ein extrem flacher Antrieb zur Verfügung gestellt, so daß vorteilhafterweise eine Blutpumpe mit der erfindungsgemäßen Lösung ebenfalls sehr flach ausgebildet werden kann. Eine derartige Blutpumpe erlaubt eine bessere Implantierbarkeit.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung bilden der Stator und der Aktor in der Eingriffstellung zusammen eine Höhe aus, die die Höhe des Stators nur geringfügig übersteigt. Damit ist gegenüber bekannten Antrieben fast eine Halbierung der Höhe des Antriebs bzw. einer mit dem Antrieb versehenen Pumpe möglich.

Mit Vorteil weisen sowohl der Stator als auch der Aktor umlaufende, im Querschnitt im wesentlichen U-förmig ausgebildete magnetische Kernelemente auf, die in der Eingriffstellung ineinandergreifen. Eine im Querschnitt U-förmige Ausbildung der magnetischen Kernelemente ermöglicht bei einfacher Geometrie ein Ineinandergreifen der Kernelemente. In die im Querschnitt U-förmige Aussparung des Stators ist dabei bevorzugt eine ringförmige Magnet-

spule, die der magnetischen Erregung eines durch Stator und Aktor gebildeten Magnetkreises dient, angeordnet. Hierdurch wird eine kompakte Geometrie zur Verfügung gestellt. Durch Integration der Magnetspule in den Stator wird das weitere Energie beim Betrieb der Blutpumpe gespart, da die Magnetspule ortsfest fixiert ist und nicht bewegt wird. Die zu bewegende Masse wird dadurch reduziert. Ein weiteres Vorteil ist die Erhöhung der Zuverlässigkeit, da die bewegten Teile keine stromführenden Bereiche aufweisen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Erfindung insbesondere elektromagnetische Antriebe betrifft. Sie ist jedoch nicht auf derartige Antriebe beschränkt, sondern umfaßt sämtliche Antriebe für Pumpen, die mit einem Stator und einem beweglichen Aktor versehen sind. Beispielsweise kann der Aktor auch elektromechanisch, elektrohydraulisch oder elektropneumatisch angetrieben werden.

Der erfindungsgemäße Antrieb (Stator-Aktor-Kombination) weist bevorzugt Mittel auf, die auf den Aktor in der Eingriffstellung eine Kraft in Richtung der anderen Stellung ausüben. Hierbei handelt es sich insbesondere um Federmittel, die nach Wegfallen der magnetischen Erregung den Aktor vom Stator trennen und gegen die Fluidkammer zum Herauspressen des zu transportierenden Fluids drücken. Der Aktor bildet dabei bevorzugt an seiner der Fluidkammer zugewandten Seite eine im wesentlichen ebene Druckplatte aus, damit die Fluidkammer gleichmäßig zusammengedrückt wird.

Die Fluidkammer wird durch Membranen gebildet, die an der Druckplatte des Aktors unbefestigt anliegen. In einer Ausbildung der Erfindung weist die Druckplatte Druckausgleichsöffnungen auf, die beim Pumpvorgang entstehende Unter- und Überdrücke ausgleichen und ein Festhaften der Membran verhindern. Durch Oberflächenprofilierung der Druckplatte wird zusätzlich das Festhaften der Membran verhindert.

Es ist vorgesehen, daß Aktor und Stator in der Eingriffstellung einander nur an den Auflageflächen berühren, damit keine Verkantung oder Verklemmung der Teile, Reibungsverluste, Materialabnutzungen, Geräuschbelastungen etc. auftreten.

In einer weiteren Ausföhrung der Erfindung gemäß der Ansprüche 11 bis 16 weist die Stator-Aktor-Kombination eine Führung auf, an der der Aktor gelagert und mittels der der Aktor gegenüber dem Stator hin- und her bewegbar ist. Die Führung des Aktors bewirkt ein definiertes hin- und herbewegen zwischen den beiden Endstellungen, so daß Aktor und Stator beide sehr flach ausgebildet werden können, da eine aufgrund der flachen Ausbildung an sich leicht mögliche Verkipfung und Verkantung von Aktor und Stator durch die Führung ausgeschlossen bzw. verringert wird.

Mit Vorteil ist die Führung zentrisch angeordnet, so daß ein symmetrischer Aufbau vorliegt und ein Verkippen mit nur einer Führung verhindert bzw. verringert werden kann. Durch die Verwendung einer zentrischen Führung wird die Teilezahl gering gehalten, wodurch die Kompaktheit des Antriebs weiter erhöht wird.

Die Führung weist in einer Ausführungsvariante eine Längsföhrung auf, insbesondere einen zentralen Führungsstift des Antriebs, an dem der Aktor längsverschiebbar gelagert ist. Alternativ ist die Führung unter Verwendung geeigneter Blattfederanordnungen als Blattföhrung ausgebildet. Hierbei entfällt die Notwendigkeit eines zentralen Führungsteils, so daß die Kompaktheit des Antriebs weiter verbessert wird. Auch wirken Blattfederanordnungen zentrierend, d. h. eine auf den Aktor wirkende nicht zentrische Kraft erföhrt eine Gegenkraft in Richtung einer zentrischen Anordnung, so daß die gewünschte Ausrichtung gegenüber dem Stator eingestellt wird.

Idealerweise ist die Führung als lineare Führung ausgeführt, die nur einen Freiheitsgrad in axialer Richtung aufweist. Hierfür ist es angesichts der flachen Ausbildung von Stator und Aktor und der damit zusammenhängenden kleinen Führungslänge jedoch erforderlich, die Antriebs- und Führungselemente sehr exakt auszubilden. Dies ist aufwendig und teuer und häufig nicht mit der erforderlichen Genauigkeit möglich.

Um bei der Verwendung einer axialen Führung ein Verkleben des Aktors an der Führung und/oder mit dem Stator zu verhindern, ist die Führung daher alternativ als Taumelführung ausgeführt. Diese Lösung läßt bewußt die Möglichkeit eines geringfügigen Verklippens des Aktors zu. Dieses Verklippen ist der Funktionsweise des Antriebs dabei nicht hinderlich, da durch das erfindungsgemäße Ineingreifen von Stator und Aktor in der Eingriffstellung eine definierte Position der Elemente in der Eingriffstellung hergestellt wird. Eine Taumelführung kann beispielsweise über eine Blattfederanordnung oder über ein mit einem zentralen Führungsstift verbundenes Taumellager realisiert werden.

Aktor und Stator sind bevorzugt rotationssymmetrisch aufgebaut, was zu einem einfachen und kompakten Aufbau des Antriebs zusätzlich beiträgt.

Eine erfindungsgemäße Blutpumpe weist bevorzugt ein im wesentlichen flach ausgebildetes Gehäuse auf, das den Antrieb und die Pumpenkammer umgibt und das Ansaug- und Ausströmöffnungen für das zu transportierende Fluid aufweist, die mit der Pumpenkammer verbunden sind. Der Stator ist dabei ortsfest an dem Gehäuse fixiert, während der Aktor gegenüber dem Stator und dem Gehäuse bewegbar ist.

Eine erfindungsgemäße Pumpe kann einen oder auch mehrere elektromagnetische Stator-Aktor-Kombinationen aufweisen. Mit Vorteil ist die Verwendung zweier elektromagnetischer Antriebe vorgesehen, die in dem Pumpengehäuse symmetrisch, gegenüberliegend angeordnet sind. Dabei ist die Fluidkammer zwischen den jeweiligen Aktoren angeordnet und wird von zwei Seiten von den Aktoren zusammengedrückt. Der Vorteil eines symmetrischen Systems mit zwei symmetrisch angeordneten Antrieben liegt darin, daß im Vergleich zu einem einseitigen System ein nur geringer Impuls beim Pumpvorgang in den menschlichen oder tierischen Körper abgegeben wird, in dem die Pumpe implantiert ist. Weiter wird durch die Verwendung zweier Stator-Aktor-Kombinationen ein redundantes System zur Verfügung gestellt, daß auch bei Ausfall einer Kombination noch funktionsfähig ist.

Es wird darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße Pumpe nicht auf die Verwendung von zwei Antrieben begrenzt ist. Es können auch eine höhere Anzahl von Antrieben, etwa vier Antriebe, vorgesehen sein.

Die erfindungsgemäße Pumpe mit extrem flachem Antrieb ist bevorzugt etwa handgroß ausgebildet, so daß sie relativ problemlos einer zu behandelnden Person implantiert werden kann. Sie wird insbesondere als Blutpumpe zur Unterstützung oder zum Ersatz des menschlichen Herzens verwendet.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a eine schematische Darstellung einer Pumpe mit angezogenem Aktor;

Fig. 1b eine schematische Darstellung einer Pumpe mit weggedrücktem Aktor;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Pumpe mit gefüllter Fluidkammer;

Fig. 2b eine schematische Darstellung einer Pumpe mit geleerter Fluidkammer;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer doppelten Blattfeder;

Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung einer Pumpe mit an sich bekannter Taumelführung;

Fig. 5 eine einfache Blattfeder;

Fig. 6 eine einfache Blattfeder mit Schraubendruckfedern;

Fig. 7 eine doppelte Blattfederausführung mit Schraubendruckfedern;

Fig. 8a-d schematische Darstellung der Wirkung einer erfindungsgemäßen Taumelführung;

Fig. 9 eine schematische Darstellung der Verbindung zwischen Aktor und Stator mittels Fangfeder und Fanghaken;

Fig. 10a eine schematische Schnittdarstellung einer flach ausgebildeten Blutpumpe und

Fig. 10b eine schematische Schnittdarstellung der Blutpumpe in Draufsicht.

Fig. 1a zeigt eine pulsatile Pumpe, die als einseitiges System, das heißt als Aktor-Stator-Kombination ausgebildet ist. Die Pumpe ist flach und kreisförmig ausgeführt. In einem Gehäuse 11 ist ein Stator 12 und ein Aktor 15 angeordnet. Der Aktor 15 ist in der Darstellung gemäß Fig. 1a angezogen, was die Füllung einer Fluidkammer 16 zuläßt. Die Fluidkammer 16 ist zum Aktor 15 hin durch eine Membran 161 begrenzt. Die Anziehung des Aktors 15 erfolgt über Magnetspulen 19, die hier ringförmig ausgebildet sind.

Fig. 1b zeigt die pulsatile Pumpe während des Zusammendrückens der Fluidkammer 16 nach Abschaltung der Magnetspule 19 durch die Wirkung von Schraubendruckfedern 18. Das Fluid wird über die Ansaug- bzw. Ausströmöffnung 17 aus der Fluidkammer 16 herausbefördert.

In Fig. 2a und 2b ist der Pumpvorgang der pulsativen Pumpe unter Verwendung zweier sich symmetrisch gegenüberliegender Stator-Aktor-Kombinationen dargestellt. Durch die Anziehung der Aktoren 15 über die eingeschalteten Magnetspulen 19 wird der in der Pumpe für die Fluidkammer 16 zur Verfügung stehende Raum vergrößert, wodurch eine Füllung der Fluidkammer 16 ermöglicht wird. Nach Abschalten der Magnetspule 19 erfolgt ein Zusammendrücken der beiden Aktoren 15 über die Schraubendruckfedern 18 bei Leerung der Fluidkammer 16, wobei der Austreibvorgang des Fluids durch die Begrenzung des maximalen Abstands von Aktor 15 und Stator 12 mittels einer Anordnung von Fanghaken 4 und Fangfedern 3 (Fig. 9a bis d) beendet wird. Die elektrischen Anschlußleitungen für die Magnetspule 19 sind hier nicht gesondert dargestellt. Die Steuer- und Stromversorgungseinheit für das Betreiben der Pumpe kann außerhalb, im Falle einer Blutpumpe, z. B. am Gürtel eines Patienten getragen werden.

Des weiteren weist die Pumpe mehrere auf dem Umfang eines Kreises angeordnete Schraubendruckfedern 18 auf, die auf den Aktor 15 eine Kraft vom Stator 12 weg ausüben. Zur Lagerung der Schraubendruckfedern 18 im Stator 12 und im Aktor 15 sind in diesen kleine Mulden vorgesehen.

Das für die axiale Führung des Aktors 15 vorgesehene Taumellager 14 ist über Verbindungselemente und zugeordnete Bolzen mit der Sockelplatte des Aktors 15 verbunden. Wie insbesondere anhand der Fig. 4 gut zu erkennen ist, stellt die Verwendung eines an sich bekannten Taumellagers 14 am axial verlaufenden Führungsstift 13 für die Verklippung des Aktors 15 gegenüber dem Stator 12 zwei zusätzliche Freiheitsgrade zur Verfügung. Die Verklippung des Aktors 15 und die Ausgleichswirkung ist aus Fig. 8a bis 8d ersichtlich.

Während übliche axiale Führungen ein Verklippen eines Elementes an der axialen Führung gerade verhindern wollen, da eine Verklippung mit einer unerwünschten Verkle-

mung verbunden ist, erlaubt die Erfindung mittels des Taumellagers 14 ein Verkippen und verhindert dadurch ein Klemmen der Führung 13. Da der Außendurchmesser des Stators 12 bzw. die korrespondierenden Aussparungen im Aktor 15, derart aufeinander abgestimmt sind, daß auch bei einem Verkippen des Aktors 15 eine Berührung nicht oder nur an den Auflageflächen stattfindet, kann auch an dieser Stelle keine Verklemmung erfolgen. Es ist somit möglich, mit nur einer axialen Führung ein sicheres Führen des Aktors 15 gegenüber dem Stator 12 vorzunehmen.

Die Wirkungsweise der Fluidpumpe ist wie folgt:

Bei einer Stromführung der Magnetspule 19 entsteht ein Magnetfeld, das eine Kraft auf den Aktor 15 in Richtung des Stators 12 ausübt. Dementsprechend bewegt sich der Aktor 15 entlang der Führung 13 auf den Stator 12 zu. Die dort befindliche Magnetspule 19 wird dabei in die Aussparung des Aktors 15 aufgenommen. Es liegen korrespondierende Formen bzw. Aussparungen und abstechende Teile von Stator 12 und Aktor 15 vor.

Der Aktor 15 befindet sich nun in der Eingriffstellung. Einher mit der Bewegung des Aktors 15 in die Eingriffstellung geht eine Vergrößerung des für die Fluidkammer 16 zur Verfügung stehenden Raumes, die zu einem Einstromen von zu transportierendem Fluid über die Ansaugöffnung 17 führt. Während der Füllphase wird zunächst ein Haltestrom durch die Magnetspule 19 geleitet, so daß die magnetische Erregung aufrechterhalten und Aktor 15 und Stator 12 eine Zeit lang in der Eingriffstellung verweilen, bis die Blutkammer 16 sich mit Blut gefüllt hat.

Zum Austreiben des Fluids wird die Stromversorgung der Magnetspule 19 durch die Stromversorgungs- und Steuereinheit unterbrochen. Aufgrund der Spannkraft der Schraubendruckfedern 18 bewegt sich der Aktor 15 nun in Richtung der Blutkammer 16 und drückt die Blutkammer 16 mit seiner als Druckplatte 5 ausgebildeten Seite zusammen, wobei das zu transportierende Fluid über die Ausströmöffnung 18 aus der Pumpe herausgepreßt wird. Es sind dabei geeignete Ventile (nicht, dargestellt) vorhanden, die die Richtung des Flusses steuern. Die Bewegung endet in einer weiteren Endstellung des Aktors 15.

In einer weiteren Alternative weist die Fluidkammer 16 zur Vermeidung eines hohen Unterdrucks Druckausgleichsöffnungen auf, über die ein Druckausgleich stattfinden kann (Fig. 1 und 2).

In Fig. 8a bis 8d ist die Bewegung des Aktors 15 zwischen den beiden Endstellungen dargestellt. Über das Taumellager 14 (Fig. 4) wird dabei eine Verkipfung des Aktors 15 ermöglicht, ohne daß eine Verklemmung des Aktors 15 an der Führung 13 erfolgen kann. Aufgrund der gegenseitigen Führung beim Ineinandergreifen von Stator 12 und Aktor 15 wird sichergestellt, daß in der Eingriffstellung eine definierte Position vorliegt.

In einem Ausführungsbeispiel beträgt die von dem elektromagnetischen Antrieb benötigte Leistung ca. 120 W. Die Spule 16 wird dabei pro Ausstoßvorgang für maximal 10 ms von Strom durchflossen. Es werden pro Ausstoßvorgang etwa 70 ml Fluid, z. B. Blut, durch die Pumpe gefördert. Die verwendeten Schraubendruckfedern 18 weisen bevorzugt eine Federkraft zwischen 80 und 120 N über eine Länge von 6 mm auf. Die Höhe des Stators 12 beträgt insbesondere zwischen 5 und 15 mm, die Höhe des Aktors 15 ebenfalls 5 bis 15 mm, die Gesamthöhe von Stator 12 und Rotor 15 in der Eingriffstellung 6 bis 20 mm und die Gesamthöhe der Pumpe bevorzugt 1,5 bis 4,5 cm. Der Durchmesser der Pumpe liegt bevorzugt zwischen 5 und 11 cm.

In Fig. 3, 5, 6 und 7 ist eine alternative Taumelführung dargestellt, die durch eine Blattfederanordnung realisiert ist. Diese Taumelführung ersetzt die Führung 13 und das Tau-

mellager 14 der Fig. 4. Im übrigen ist die Pumpe wie in bezug auf Fig. 1 bzw. Fig. 2 beschrieben aufgebaut.

Die Taumelführung, basierend auf der Blattfederanordnung, weist eine Blattfeder 2 auf, sternförmig ausgebildet ist und von einer Aktorbefestigung 23 ausgehend vier um 180° nach unten gebogene Schenkel aufweist. Der Stator 12 ist über Befestigungspunkte 32 der umgebogenen Schenkelbereiche mit der Blattfeder 2 verbunden.

Diese Anordnung stellt für eine Bewegung des Aktors 15 gegenüber dem Stator 12 drei Freiheitsgrade zur Verfügung, nämlich einen Freiheitsgrad in axialer Richtung und zwei Freiheitsgrade für eine Verkipfung. Die Blattfederanordnung wirkt dabei zentrierend, da ein nichtzentrischer Kraftangriff am Aktor 15 eine Gegenkraft in Richtung der Längsachse der Blattfeder 2 erfährt.

Im übrigen wird durch die Taumelbewegung ähnlich wie bereits beschrieben sichergestellt, daß Aktor 15 und Stator 12 nicht verklemmen und trotz der geringen Bauhöhen von Aktor 15 und Stator 12 diese Elemente zur weiteren Verminderung der Bauhöhe sicher ineinandergreifen können.

Die in den Fig. 6 und 7 dargestellten Ausführungen der Schraubendruckfedern 18 dienen, wird in bezug auf Fig. 1 und 2 beschrieben, der Erzeugung einer Kraft auf den Aktor 15 vom Stator 12 weg, so daß bei Wegfall der magnetischen Erregung der Aktor 15 in Richtung der Fluidkammer 16 bewegt wird.

Fig. 5 zeigt eine alternative Ausführungsform der Taumelführung, wobei auf gesonderte Schraubendruckfedern 18 verzichtet wurde und die Blattfeder 2 sowohl der Führung des Aktors 15 als auch einer Krafterzeugung zum Bewegen des Aktors 15 gegen die Fluidkammer 16 dient. Bei dieser Lösung ist die Blattfeder 2 bevorzugt etwas härter ausgebildet, damit die Funktion der Krafterzeugung auf den Aktor 15 sicher erfüllt wird, was mit sich bringt, daß ein geringeres Maß an Verkipfung ermöglicht wird.

Die in Fig. 3 dargestellte Taumelführung entspricht zunächst der Taumelführung der Fig. 5. Jedoch ist zusätzlich zu der sternförmigen Blattfeder 2 eine weitere Blattfeder 2a identischen Aufbaus, jedoch geringerer Größe vorgesehen, die innerhalb der größeren Blattfeder 2 angeordnet ist. Die jeweiligen Befestigungsflächen sind über ein Verbindungsstück 33 miteinander gekoppelt. Die umgebogenen Schenkelnenden bei den Blattfedern 2 und 2a sind über Befestigungsstellen mit dem Stator 12 verbunden. Der Befestigung des Aktors 15 dient wiederum eine Befestigungsstelle auf der Oberseite der Befestigungsfläche der Blattfeder 2.

Diese Blattfederanordnung führt im Idealfall zu einer ausschließlich linearen Führung des Aktors 15 gegenüber dem Stator 12, da eine Verkipfung der äußeren Blattfeder 2 durch die innere Blattfeder 2a verhindert bzw. zumindest stark reduziert wird. Diese Variante realisiert somit eine zentrische lineare Führung des Aktors 15 gegenüber dem Stator 12. Bei Zurverfügungstellung lediglich eines Freiheitsgrades in axialer Richtung sind die aufeinander abgestimmten Elemente von Stator 12 und Aktor 15 sehr genau auszuführen, damit eine Verklemmung sicher ausgeschlossen wird.

Fig. 7 zeigt eine Kombination von doppelter Blattfederanordnung 2 und 2a, die zusätzlich zu den Blattfedern 2 und 2 Schraubendruckfedern 18 aufweisen. In dieser Ausführung sind die Blattfedern 2 und 2a geringer dimensioniert, da ihnen nur Führungsfunktion obliegt.

Fig. 10 zeigt beispielhaft die Ausführung einer erfindungsgemäßen Blutpumpe, die anstelle der Führung 13 eine Blattfederanordnung gemäß Fig. 6 mit einfacher Blattfeder 2 und Schraubendruckfedern 18 aufweist. Ebenso ist hier eine Hubbegrenzung nach Fig. 9a realisiert.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiele. Insbe-

sondere ist die Erfindung nicht auf die Verwendung im Querschnitt U-förmig ausgebildeter, ineinandergreifender Formen beschränkt. Wesentlich für die Erfindung ist allein, daß bei einem Antrieb für eine Fluidpumpe der Stator 12 und der Aktor 15 an ihren aneinander angrenzenden Seiten 5 derart korrespondierende Formen bzw. Aussparungen und Vorsprünge aufweisen, daß Stator 12 und Aktor 15 in der Eingriffstellung ineinandergreifen und die Bauhöhe des Antriebs dabei reduziert wird, und/oder daß eine Führung des Aktors vorgesehen ist. 10

Bezugszeichenliste

1	
2 Blattfeder	
2a Blattfeder	
3 Fangfeder	
4 Fanghaken	
5 Druckplatte	
6	
7	
8	
9	
10	
11 Gehäuse	
12 Stator	
13 Führung	
14 Taumellager	
15 Aktor	
16 Fluidkammer/Blutkammer	
161 Membran	
17 Ansaug- oder Ausströmöffnung	
18 Schraubendruckfedern	
19 Magnetspule	
20	
21	
22	
23 Aktorbefestigung	
24	
25 Öffnung zu Außenwelt	
26 Druckausgleichsöffnung	
27	
28	
29	
30	
31	
32 Befestigung am Stator	
33 Zwischenstück zwischen Stator und Aktor	
34	
T Taumelpunkt	
E Ebene	
Ss Statorachse	
Sa Aktorachse	

Patentansprüche

1. Pulsatile Pumpe, bestehend aus einem in einem Gehäuse angeordneten Stator und einem gegenüber dem Stator elektromagnetisch und durch Federkraft bewegbaren Aktor, der zwischen einer ersten Stellung und einer zweiten Stellung, hierbei eine Fluidkammer mit Ansaug- und Ausströmöffnung vergrößernd oder verkleinernd, hin und her bewegbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aktor (15) an der am Stator (12) angrenzenden Seite, bezogen auf die Ausbildung des Stators (12) korrespondierende Aussparungen (154) und Vorsprünge (121) aufweist, die in den Stator (12) ineinandergreifbar sind. 60 65

2. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Eingriffstellung der Stator (12) und der Aktor (15) insgesamt eine Höhe ausbilden, die die Höhe des Stators (12) nur geringfügig übersteigt.

3. Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der Stator (12) als auch der Aktor (15) umlaufende, im Querschnitt im wesentlichen U-förmig ausgebildete, magnetflußführende Bereiche aufweisen, die in der Eingriffstellung ineinandergreifen.

4. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in den Stator (12) eine Magnetspule (19) integriert ist.

5. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetspule (19) ringförmig am Stator (12) angeordnet ist.

6. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß am Aktor (15), eine Fluidkammer (16) begrenzend, eine nicht im ständigen Kontakt mit der Druckplatte des Aktor (15) stehende flexible Membran (161), angeordnet ist.

7. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (15) mittels einer Druckfeder (18) aus der Eingriffstellung heraus bewegbar ist.

8. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (15) an seiner dem Stator (12) abgewandten Seite im wesentlichen als ebene Druckplatte (5) ausgebildet ist.

9. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Aktor (15) und Stator (12) in der Eingriffstellung einander nur an den Auflageflächen berührbar sind.

10. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (15) in einer Führung (13) gelagert ist.

11. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung (13) zentrisch angeordnet ist.

12. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung (13) eine Längsführung ist, an der der Aktor (15) längsverschiebbar gelagert ist.

13. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung (13) eine Blattfeder (2, 2a) aufweist.

14. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung (13) zentrisch linear ausgeführt ist.

15. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung (13) als Taumelführung (14, 2) ausgeführt ist.

16. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Blattfeder (2, 2a) sternförmig aufgebaut ist und von einer oberen Fläche mit einer Aktorbefestigung (23) ausgehend mindestens drei um 180° nach unten gebogene Schenkel aufweist, wobei der Aktor (15) mit der oberen Fläche der Blattfeder (2) und der Stator (12) mit den nach unten gebogenen Schenkeln der Blattfeder (2) verbunden ist oder umgekehrt.

17. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Blattfeder (2) zusätzlich eine weitere Blattfeder (2a), jedoch geringerer Größe aufweist, die innerhalb der größeren Blattfeder (2) angeordnet ist, wobei die Schenkel und die oberen Flächen der beiden Blattfedern (2, 2a) jeweils fest miteinander verbunden sind.

18. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Blattfeder (2, 2a) zusätzlich als Federelement zur Erzeugung einer Kraft dient, die Aktor (15) und Stator (12) auseinanderreibt.
19. Pulsatile Pumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Aktor (15) und Stator (12) rotationssymmetrisch aufgebaut sind.
20. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator (12) und der Aktor (15) über eine Anordnung von Fangfedern (3) und Fanghaken (4) begrenzbar ist.
21. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwei sich gegenüberliegende Stator (12)- und Aktor (15)-Kombinationen angeordnet sind, wobei die Fluidkammer (16) zwischen den beiden Aktoren (15) der Kombination angeordnet ist.
22. Blutpumpe zur Unterstützung oder zum Ersatz des menschlichen oder tierischen Herzens, gekennzeichnet durch eine pulsatile Pumpe (1) gemäß den Ansprüchen 1 bis 21.
23. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 22, gekennzeichnet durch ein im wesentlichen flach ausgebildetes Gehäuse (11), das die Stator-Aktor-Kombinationen und eine Blutkammer (16) umgibt, und das Ansaug- und Ausströmöffnungen (17) aufweist, die mit der Blutkammer (16) verbunden sind.
24. Pulsatile Pumpe nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (11) kreisförmig ausgebildet ist.
25. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (15) Druckausgleichsöffnungen (26) aufweist.
26. Pulsatile Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 22 und 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckplatte (5) des Aktors (15) eine Profilierung aufweist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

40

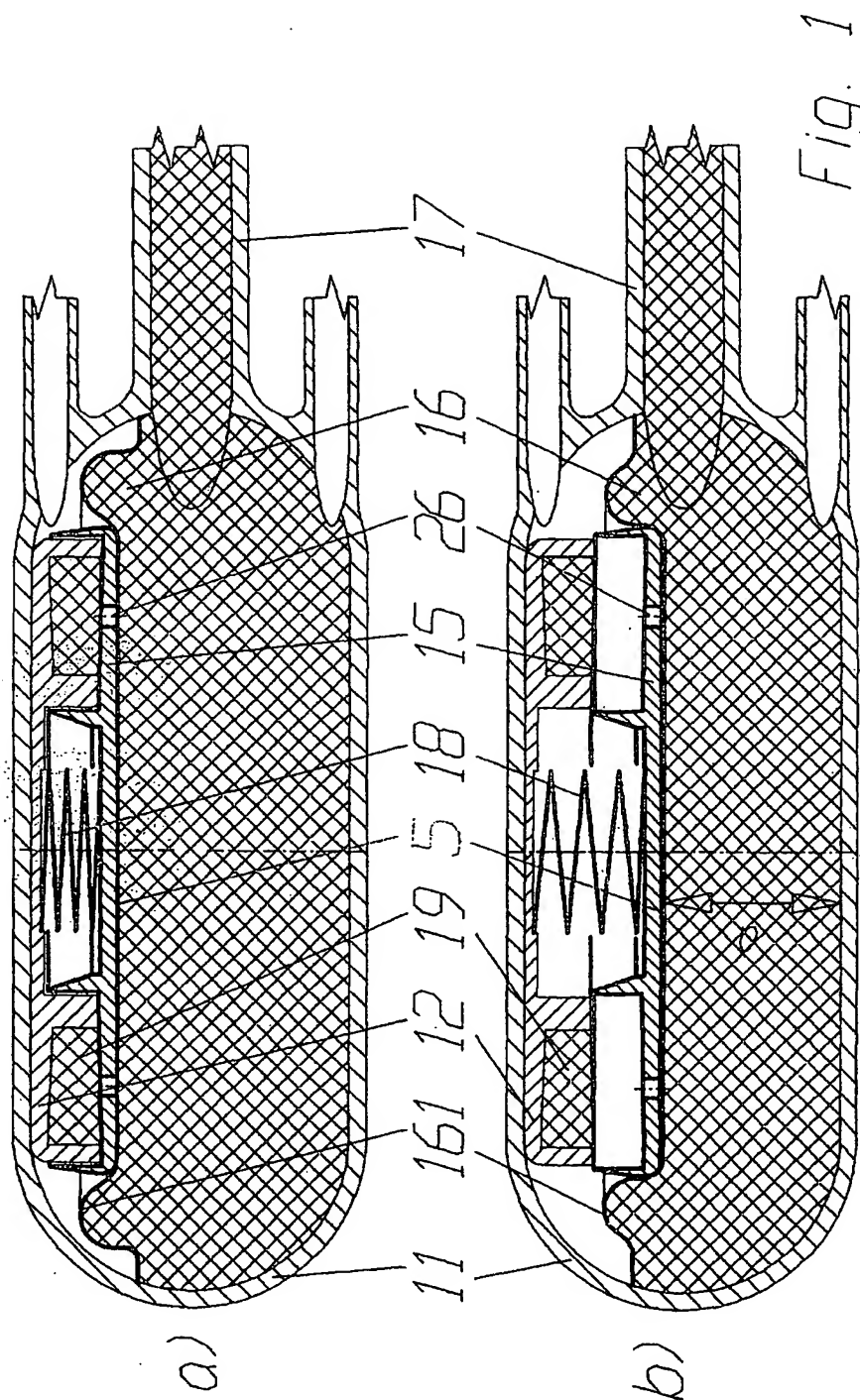
45

50

55

60

65



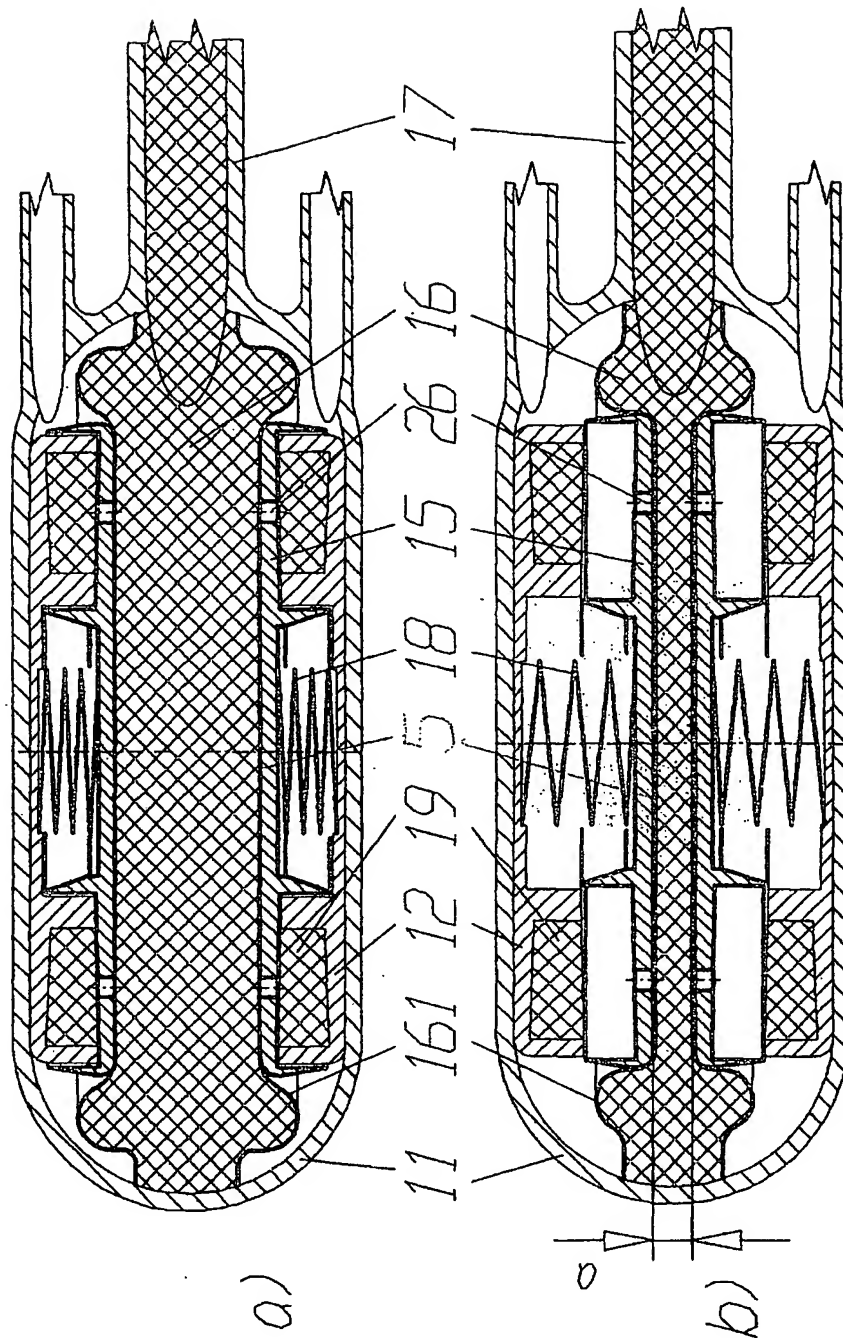
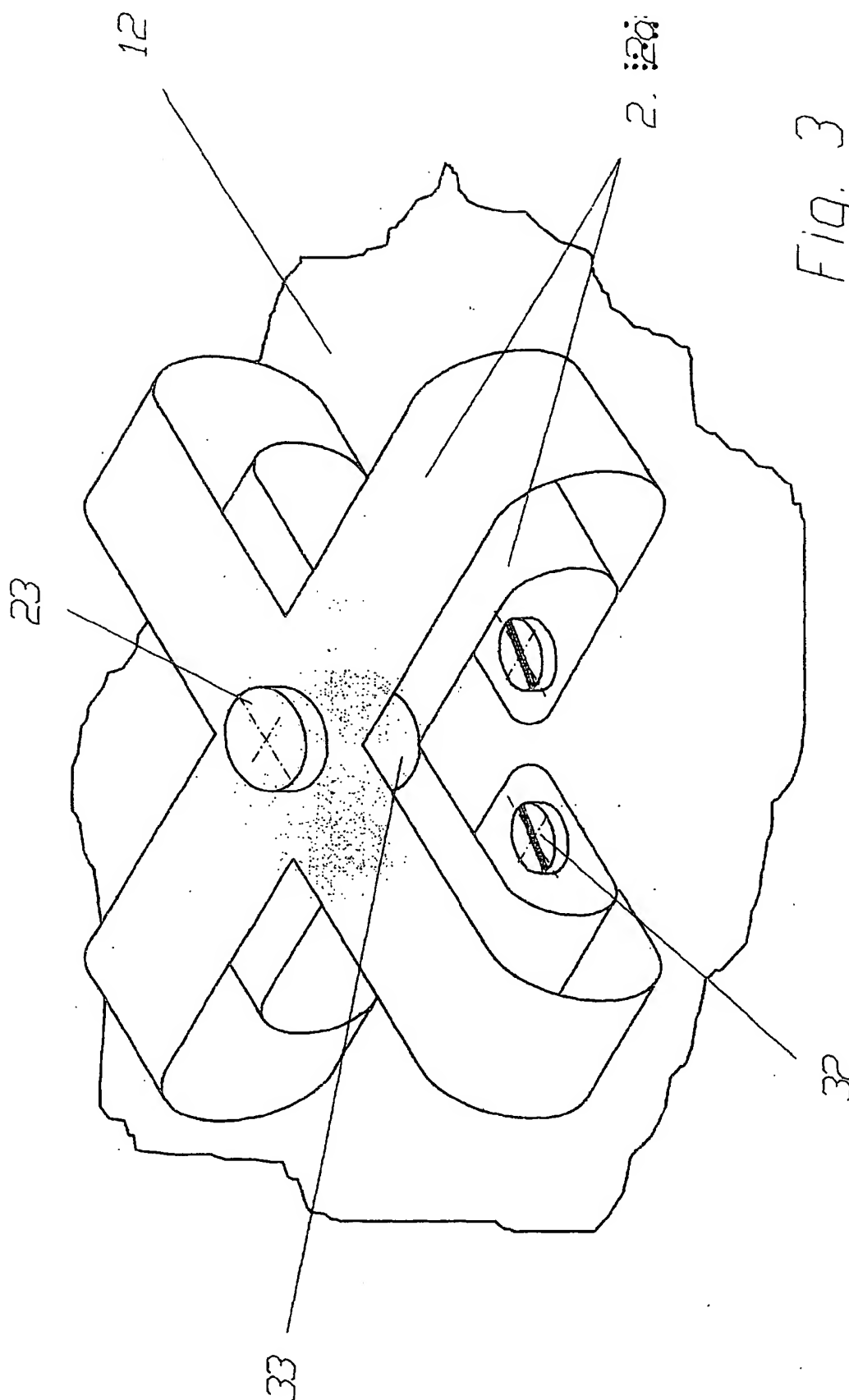
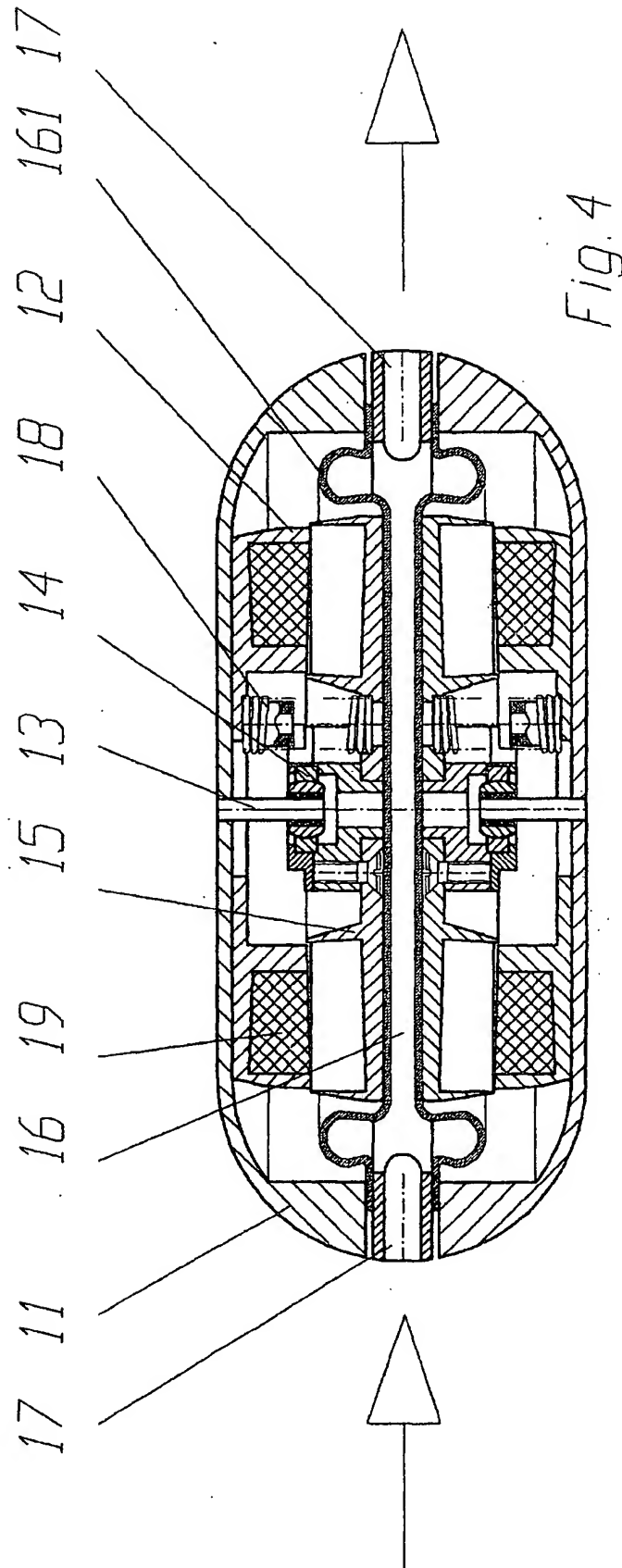
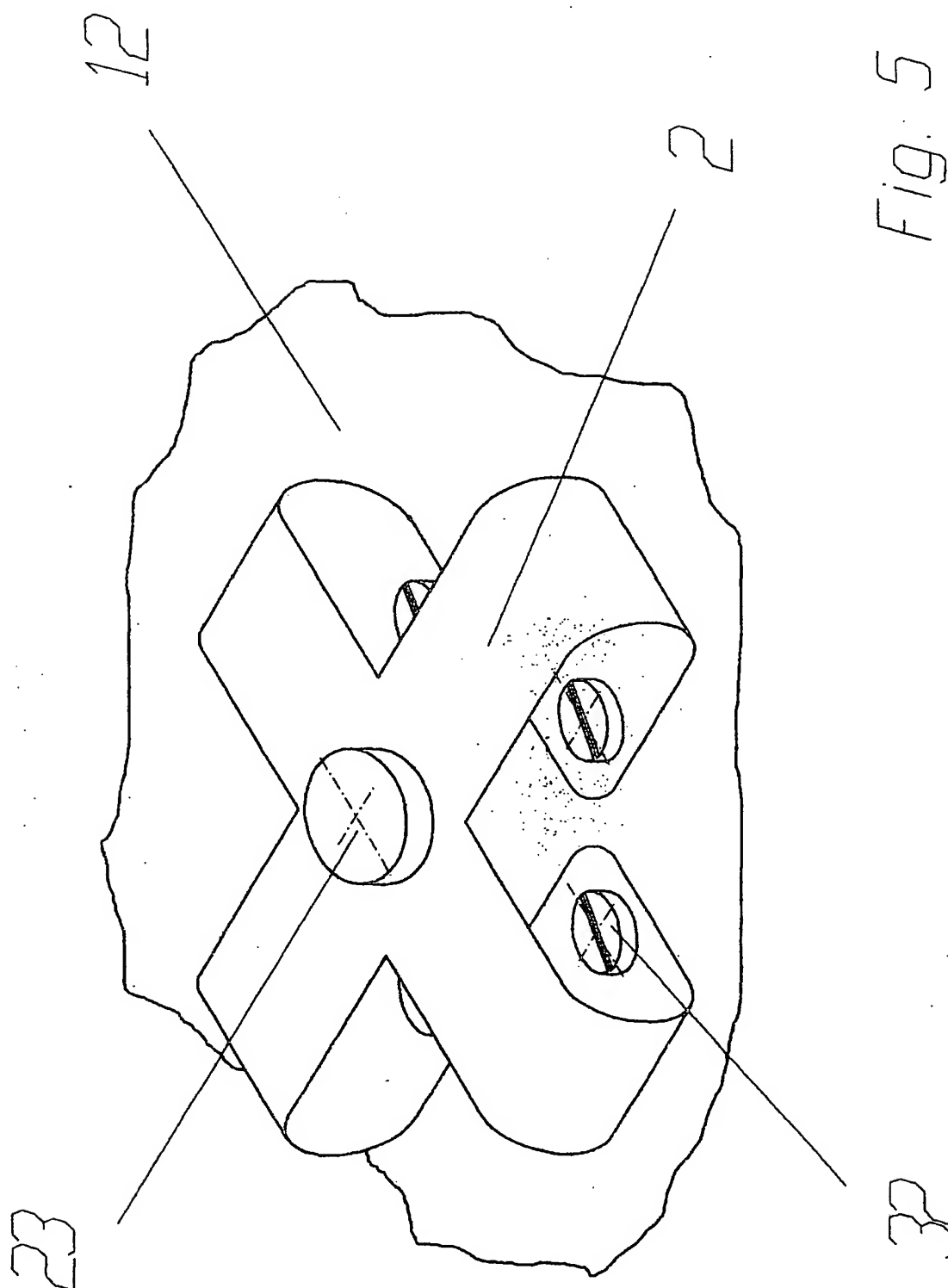
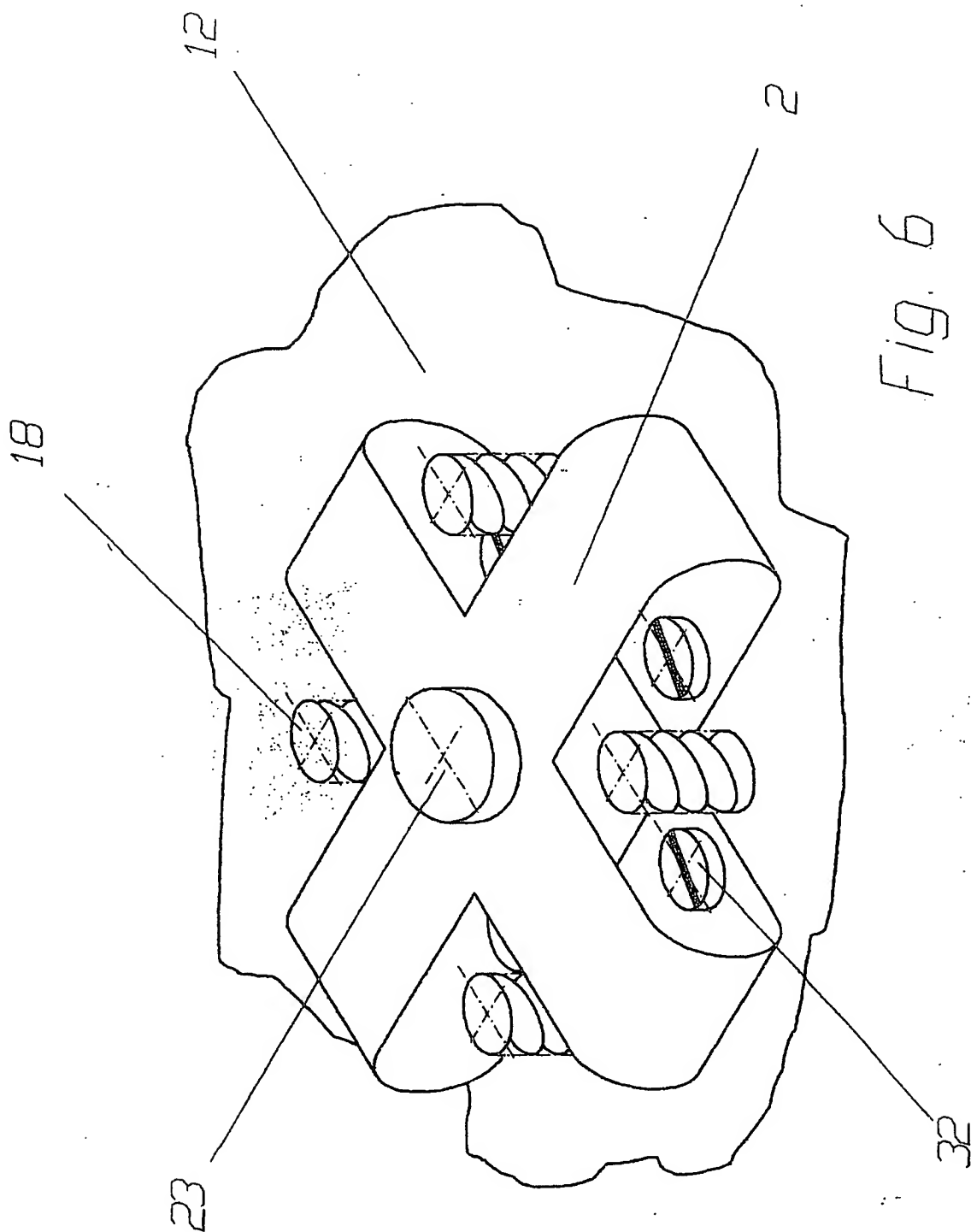


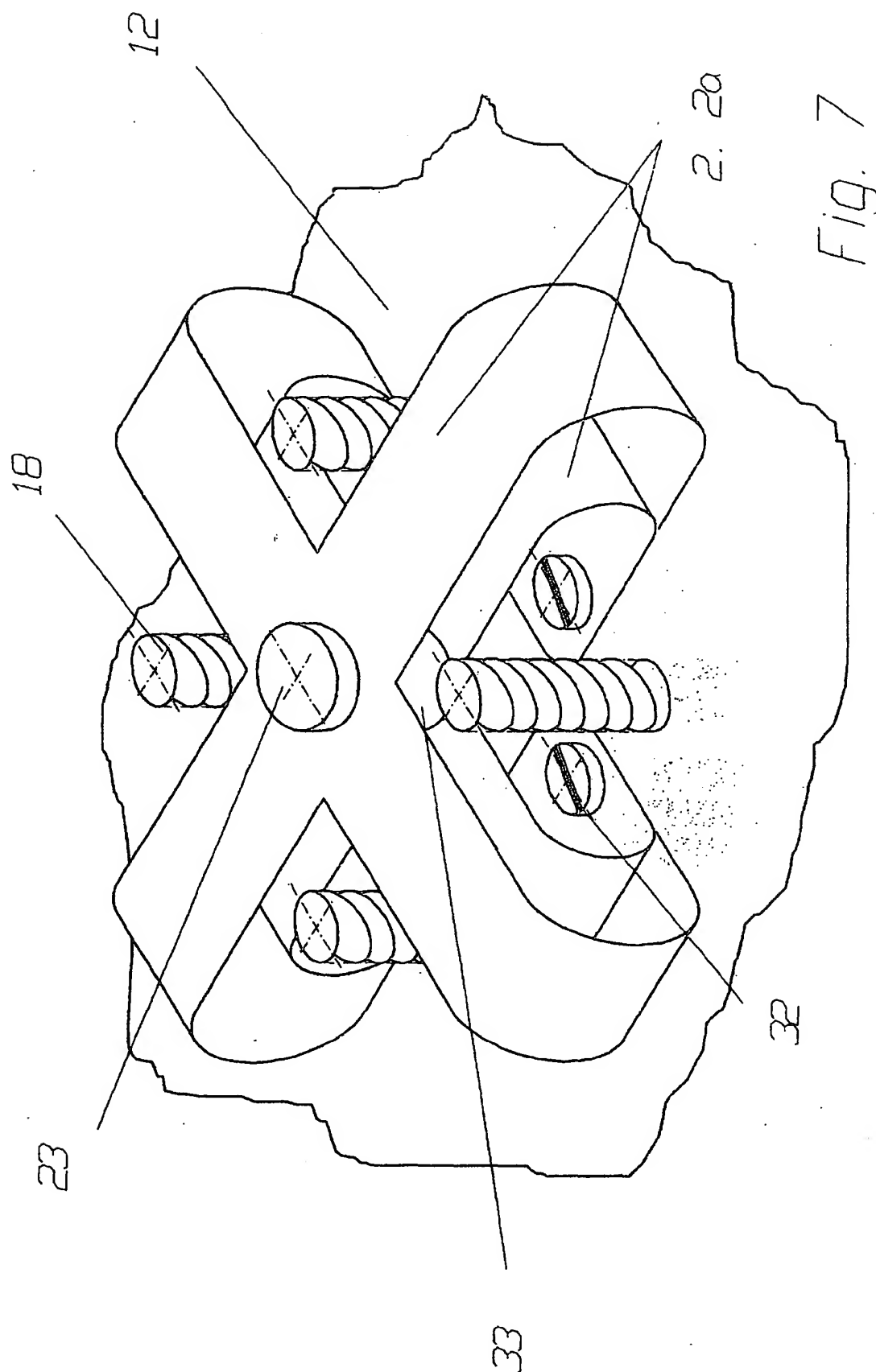
Fig. 2











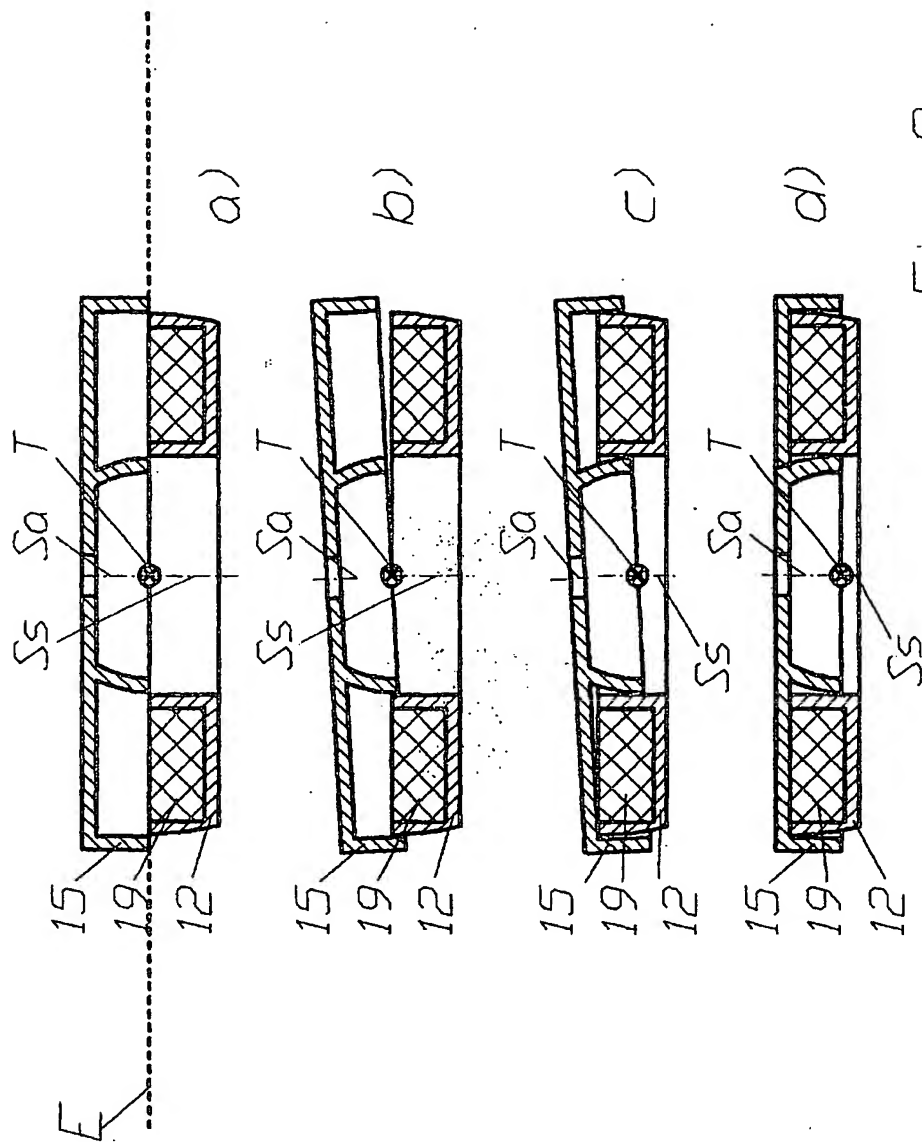
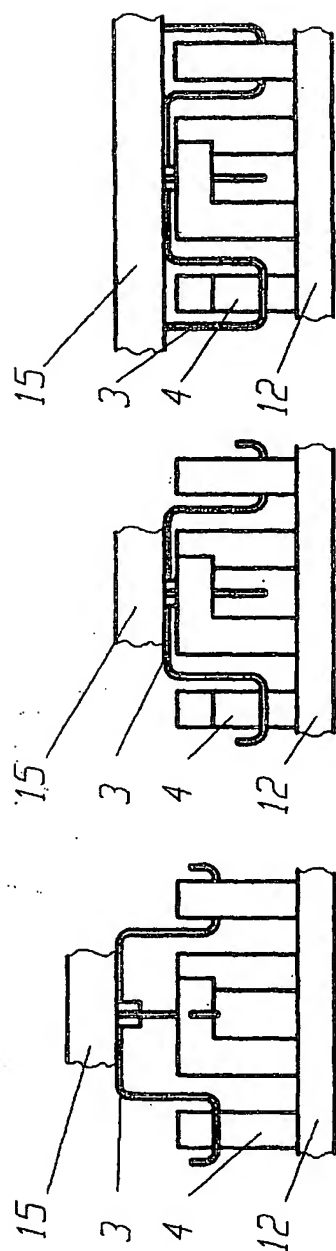


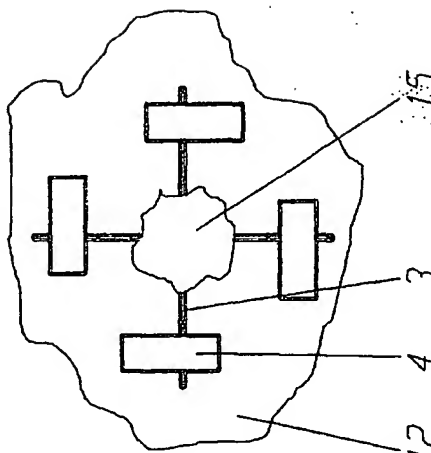
Fig. 8



c)

b)

a)



d)

Fig. 9

